

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 196 02 862 C 1

21 Aktenzeichen: 196 02 862.0-51  
22 Anmeldetag: 28. 1. 96  
43 Offenlegungstag: —  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 17. 7. 97

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 M 11/02  
G 02 F 1/13  
G 09 F 9/35  
G 01 J 1/42  
G 01 J 3/42

DE 196 02 862 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

autronic-Melchers GmbH, 76229 Karlsruhe, DE

72 Erfinder:

Becker, Michael Dr., 76135 Karlsruhe, DE

53 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 42 11 467 A1  
DE 3 8 72 42 8T2  
SID 78 Digest, S. 70-71;  
ABC der Optik, Karl Mütze et al, Hrsg.,  
Hanau/MainDausien 1961, S. 32, 48, 692-693;  
Fortschr.-Ber, VDI-Z, Reihe 8, Nr. 37, 1981, R. A.  
Cremers »Ein automatisches Meßsystem zur  
objektiven Bewertung von  
Flüssigkristall-Anzeigen« S. 1-108;  
Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 21, No. 10,  
Okt. 1982, S. L616-618;  
SID 91 Digest, S. 641-644;

54 Meßeinrichtung zum Erfassen optischer Eigenschaften einer elektro-optischen Anzeige

57 Um die zur Blickwinkelabhängigen Kontrastermittlung insbesondere von transmissiv betriebenen Flüssigkristall-Anzeigen bekannte konoskopische Meßeinrichtung einfacher aufbauen, spektrographisch kalibrieren und dann vielseitiger einsetzen zu können, wird nach vorliegender Erfindung auf die herkömmliche Projektionsoptik (zur Abbildung der Interferenzfigur auf ein Detektorarray) verzichtet und statt dessen eine vergleichsweise kleine Anzahl von individuellen schnellen Detektoren für spektral integrierende und/oder für spektral analysierende Lichtmessung unmittelbar bzw. über konstruktive Lichtleitvorrichtungen möglichst direkt in der Interferenzebene an blickrichtungsmäßig ausgesuchte punktförmige Flächenelemente der Interferenzfigur angeschlossen. Bei Anschluß von sich jeweils auf unterschiedliche Detektoren verzweigenden Lichtleitern können für die identischen Betrachtungsrichtungen exakt gleichzeitig völlig unterschiedliche richtungsabhängige Messungen wie zusätzlich zu den Kontrastmessungen noch Buntheitsmessungen und Messungen des dynamischen Schaltverhaltens durchgeführt und dokumentiert werden.

DE 196 02 862 C 1

Die Erfindung betrifft eine Meßeinrichtung zum Erfassen optischer Eigenschaften einer elektro-optischen Anzeige gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1, wie sie etwa aus der DE 38 72 428 T2 bekannt ist, welche auf den Zusammenhängen beruht, die schon unter Bezugnahme auf A. R. Kmetz "Characterization and Optimization of Twisted Nematic Displays for Multiplexing" [SID 78 Digest pp. 70/71] von R. A. Cremers vermittelt werden in seiner Dissertation "Ein automatisches Meßsystem zur objektiven Bewertung von Flüssigkristall-Anzeigen" [Fortschrittberichte der VDI-Zeitschriften; Reihe 8, Nr. 37/1981], betreffend die grundsätzliche geometrische Übereinstimmung zwischen den Konturen von konoskopisch erzeugten zweidimensionalen Interferenzfiguren und den daraus ausgemessenen blickwinkelabhängigen Helligkeits- bzw. Kontrastkurven (dort Seite 59). Denn ein Flächenelement einer ebenen Anzeigefläche (vorzugsweise einer Flüssigkristallanzeige), das von einem konischen Bündel paralleler Elementarstrahlen durchstrahlt wird und sich dabei in der oder dicht bei der objektseitigen Brennebene einer kollimierenden Optik befindet, erzeugt in der bildseitigen Brennebene eine Interferenzfigur, auch Fouriertransformierte genannt, deren zweidimensionaler Intensitätsverlauf die Abhängigkeit des Transmissionsgrades des betrachteten (d. h. durchstrahlten) Flächenelementes der Anzeige von der Betrachtungsrichtung (also von der Durchstrahlungsrichtung) darstellt.

Diese zweidimensionale Intensitätsverteilung der Interferenzfigur kann durch unterschiedliche Graustufen oder durch Linien gleicher Intensität (Höhen- oder Konturlinien) dargestellt werden. Jeder Punkt in der Interferenzfigur entspricht also eindeutig einer Betrachtungsrichtung bzw. einer Richtung der Lichtausbreitung. Dabei repräsentiert der Abstand des Punktes zur optischen Achse den Neigungswinkel der Lichtausbreitung gegen die optische Achse, und der Azimut ist durch die Projektion der Lichtausbreitungsrichtung auf eine zur optischen Achse senkrechte Ebene gegeben (vgl. Cremers a. a. O. Seiten 19/20).

Die Größe des oben genannten Flächenelementes der Anzeigefläche ist durch die Projektion des Querschnittes einer der parallelen Elementarstrahlen auf die Anzeigefläche definiert. Das Flächenelement, dessen richtungsabhängige Transmissionseigenschaften in der Interferenzfigur abgebildet sind, kann kleiner als ein einzelnes Bildelement (sog. Pixel) der Anzeige sein, es kann sich aber auch über mehrere solcher Bildelemente erstrecken. Gemäß den oben referierten Zusammenhängen läßt sich mittels eines Detektorsystemes aus der Interferenzfigur für jeden elektrischen Ansteuerungszustand der Anzeige, also für jeden entsprechenden optischen Zustand (z. B. durchlässig = hell, undurchlässig = dunkel), die Abhängigkeit der Transmission des Anzeigeelementes von der Ausbreitungsrichtung des durchstrahlenden Lichts erfassen.

Entspricht die spektrale Empfindlichkeit des Detektorsystemes (einschließlich seiner Projektions-Optik, s. u.) der spektralen Empfindlichkeit des Auges, so läßt sich nach oben genannter Methode die Leuchtdichte des Anzeigeelementes in Abhängigkeit von der Lichtausbreitungsrichtung ermitteln, die antiparallel zur Betrachtungsrichtung ist. Bildet man den Quotienten aus den Leuchtdichten eines "hell gesteuerten" und eines "dunkel gesteuerten" Anzeigeelementes für jeweils die gleiche Lichtausbreitungsrichtung, so läßt sich auf diese

Weise der Leuchtdichte-Kontrast des Anzeigeelementes ermitteln. Entspricht jene spektrale Detektor-Empfindlichkeit jedoch nicht der spektralen Hellempfindlichkeit des Auges, so ergeben sich allgemein, in Abhängigkeit von der speziellen gerade gegebenen spektralen Detektorempfindlichkeit, Strahldichte-Verteilungen, bzw. als Quotienten daraus Strahldichte-Kontrastwerte. Die Visualisierung der Abhängigkeit dieser Kontraste von der Betrachtungsrichtung erfolgt, analog zur oben beschriebenen konoskopischen Darstellung des Transmissionsgrades, wieder durch Graustufen oder durch Konturlinien (Höhenlinien) in einem polaren Koordinatensystem.

In Erweiterung dieser Zusammenhänge, die sich oben speziell auf die Durchstrahlung des betrachteten Flächenelementes der Anzeige beziehen (transmissiver Betrieb der Anzeige), lassen sich nach der beschriebenen Vorgehensweise auch Strahldichte-Verteilungen und Leuchtdichte-Verteilungen bzw. die entsprechenden Kontraste bei reflektierenden sowie bei emittierenden (also bei aktiven) Anzeigen ermitteln. Es ist jedoch zu beachten, daß beim reflektiven Betrieb von Anzeigen die Beleuchtung mit einem konischen Bündel von parallelen Elementarstrahlen durch die gleiche Optik erfolgen muß, mit der auch die Interferenzfigur erzeugt wird; wie es mit sich halbdurchlässigen Spiegeln, Strahlteilerplatten, Strahlteilerwürfeln u. dgl. realisieren läßt.

Bei der Auswertung einer konoskopisch generierten Interferenzfigur mittels eines einkanaligen Detektors würde eine Integration über die Gesamtheit aller Punkte der Interferenzfigur und somit über alle Betrachtungsrichtungen erfolgen, also der interessierende Zusammenhang von beispielsweise Leuchtdichte und Kontrast in Abhängigkeit von der Betrachtungsrichtung verlorengehen, da dann nur ein Mittelwert ermittelt werden würde (Cremers a. a. O. Seiten 22/23). Deshalb wird in der zitierten Dissertation zur Kontrastermittlung für jeden der beiden Schaltzustände "EIN" und "AUS" das rückwärtig durchstrahlte Anzeigeelement im Fernfeld betrachtet, nämlich längs einer Kugelschalenfläche aus gegeneinander versetzten Richtungen mittels eines einkanaligen Detektors Punkt für Punkt abgetastet, um so den Zusammenhang zwischen der Intensitätsverteilung und der Betrachtungsrichtung der Elementarfläche der Anzeige aufzunehmen. Ein solcher Meßvorgang ist natürlich zeitaufwendig und bedingt einen teuren, langzeitstabilen Meßaufbau.

Deshalb wird von Miyoshi et. al. in "Time Dependent Observation of the Conoscopic Figures of Twisted Liquid Crystals" [Japanese Journal of Applied Physics" Vol. 21 No. 10, Oktober 1982, Seiten L616—L618] eine quasi-parallel arbeitende Raster-Auswertung vorgeschlagen. Dafür wird die konoskopisch erzeugte Interferenzfigur mittels einer weiteren Optik in verkleinerter Form auf einen zweidimensionalen Vielkanal-Detektor (in Form einer Videokamera mit 256 mal 256 Bildelementen) projiziert. Nach Zwischenspeichern der damit erhaltenen Intensitätswerte können durch Quotientenbildung mit den entsprechenden Intensitätswerten für den anderen Schaltzustand der Anzeige in Abhängigkeit von der spektralen Empfindlichkeit der Optik analog zur oben beschriebenen Vorgehensweise Leuchtdichtekontrast- oder jedenfalls Strahldichtekontrast-Verteilungen über den Betrachtungsrichtungen des Flächenelementes der Anzeige ermittelt werden. In Hinblick auf die Abtastzeit für ein Vollbild nach der Fernsehnorm, die bei 16 ms und somit im Bereich der Schaltzeiten einer Flüssigkristallanzeige liegt, beschreiben

schon Miyoshi et al. [a. a. O.] die generelle Problematik der Messung des dynamischen Verhaltens von dünnen flüssigkristallinen Schichten mit Vielkanal-Detektoren, deren Abtastzeiten im Bereich der Eigenzeitkonstanten der zu messenden Schalteffekte liegen.

Eine Meßeinrichtung, bei der die Strahldichte-Verteilung der konoskopisch generierten Interferenzfigur bei unterschiedlichen elektrischen Ansteuerzuständen des Anzeigeelementes mittels eines zweidimensionalen Detektor-Arrays hinter einer zweiten oder Projektions-Optik aufgenommen wird, um daraus die Abhängigkeit des visuellen Kontrastes von der Betrachtungsrichtung zu berechnen, ist dann auch wieder Gegenstand der hier gattungsbildenden DE 38 72 428 T2 geworden, in dem die zugrundeliegenden, aus obigem Stande der Technik bekannten Zusammenhänge noch einmal dargestellt sind. Beschrieben wird dann allerdings nur die messtechnische Erfassung des Kontrastes im optisch eingeschwungenen Zustand der Anzeige — ohne Berücksichtigung dynamischer Aspekte (Schaltzeiten u. dgl.) und ohne Berücksichtigung spektraler Aspekte (Verteilung des von der Anzeige durchgelassenen bzw. reflektierten Lichtes, die grundlegend für eine exakte farbmetrische Bewertung der Anzeige wäre). Darüber hinaus von Nachteil bei dieser Meßeinrichtung mit ihrer zusätzlichen Abbildungs-Optik ist der hohe apparative Aufwand, um zu vermeiden, daß eine auf Abbildungsfehler des Projektionssystems zurückzuführende Unschärfe zum "Verschmieren" der auszumessenden Interferenzfigur und somit zu einem Verlust an räumlicher Auflösung führt, die schnell unter eine für die Meßaufgabe vorgegebene Auflösungs-Toleranzgrenze fallen kann.

Durch Quotientenbildung von Leuchtdichten, die aufeinanderfolgenden elektrischen Ansteuerungszuständen einer Anzeige zugeordnet sind, läßt sich also die winkelabhängige Verteilung nicht nur allgemein des Strahldichte-Kontrasts, sondern auch des auf die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges abgestellten Leuchtdichte-Kontrasts für die unterschiedlichen Betrachtungsrichtungen durch Ausmessen der Interferenzfigur bestimmen. Dafür muß aber die spektrale Empfindlichkeit des zweidimensionalen Vielkanal-Detektors (z. B. eines Vidicons, eines CCD-Arrays o. dgl.) durch speziell, für den jeweiligen Detektor unter Berücksichtigung auch seiner Abbildungs-Optik, optimierte Filter (meist vielschichtige Farbglassfilter) möglichst genau an die spektrale Hell-Empfindlichkeit des menschlichen Auges angepaßt werden (vgl. CIE-Norm). In der Praxis liegt dabei das Problem in der Notwendigkeit der spektralen Anpassung nicht nur eines einzelnen Detektors, sondern gleich eines ganzen Arrays aus einer Vielzahl von Einzelelementen (z. B.  $2048 \times 2048$  Stück bei modernen CCD-Arrays), weil die Elemente über der Array-Fläche schon Unterschiede in ihren ursprünglichen spektralen Empfindlichkeiten aufweisen. Hinzu kommt die fertigungsbedingte Exemplarstreuung der spektralen Empfindlichkeiten. Da in jedem einzelnen der Detektorelemente jeweils das Integral über den gesamten vom Detektor aufnehmbaren Wellenlängenbereich gebildet wird, in das auch die spektrale Transmission der Projektions-Optik und ihrer erwähnten Anpassungsfilter mit eingehen, ist eine nachträgliche rechnerische Kompensation oder auch nur Korrektur der resultierenden Fehler für beliebige Strahldichteverteilungen des von der Anzeige kommenden Lichtes nicht möglich.

Die vorstehend exemplarisch für die Anpassung an die spektrale Hellempfindlichkeit des Auges geschilderten Probleme treten in noch stärkerem Maße auf bei

dem Versuch einer Anpassung des Detektor-Arrays an die von der CIE normierten sogen. Tristimulus-Verläufe. Theoretisch kann auf diesem Wege der Drei- oder Vier-Filter-Methode zwar die Chromatizität (Buntheit) eines Meßobjektes bestimmt werden; in der Praxis besteht aber eine starke Einschränkung dieser Methode durch die großen Fehler aufgrund unterschiedlicher spektraler Verteilung des zu messenden Lichtes (vgl. H. Terstiege und D. Gundlach "Characterizing the Quality of Colorimeters" [SID 91 Digest, p. 641—644]).

Aus der DE 42 11 467 A1 ist ein Verfahren zur Bestimmung räumlicher Anisotropiezustände eines niedrig orientierten zweiachsigen Objektes bekannt, mittels dessen aus einem einzigen optischen Bild mit einem einzigen, ohne bewegliche Teile arbeitenden Meßmittel bei bekannter Dicke eines Prüfkörpers alle für die Qualitätskontrolle bzw. für die Steuerung von Polymerverarbeitungs-maschinen benötigten Meßwerte ermittelbar sind, indem eine Probe bei konoskopischer Strahlführung mit einem parallel zur optischen Achse orientierten parallelen Strahlenbündel zirkular polarisiertes Lichts bestrahlt wird. Im dadurch erzeugten Interferenzbild wird dann insbesondere der Winkel zwischen einer vorgegebenen Richtung und der Verbindungslinie der Achsenausstoßpunkte bestimmt und daraus die Richtung einer Hauptachse der Indikatrizität ermittelt, wofür eine Abbildung auf eine CCD-Matrixkamera erfolgt.

Bei der gattungsgemäßen Einrichtung handelt es sich nicht um ein Polarisationsmikroskop. Gemäß den Seiten 692—693 des "ABC der Optik" von Karl Mütze et al., Hsg., Hanau/Main: Dausien, 1961 werden mit einem Polarisationsmikroskop anisotrope Objekte direkt (ortskopisch) oder indirekt (konoskopisch) betrachtet, in letzterem Falle gewöhnlich mittels einer Amici-Bertrand-Linse zum Verlegen von Interferenzerscheinungen in die Zwischenbildebene des Mikroskops. Von La-sauk wird berichtet, er habe das Okular des Mikroskopes herausgenommen und direkt in der Brennebene des Mikroskop-Objektives Kristall-Achsenbilder beobachtet — wofür es gemäß Seite 32 des o. g. "ABC der Optik" erforderlich war, bestimmte Kristallschnitte anzufertigen, nämlich senkrecht zu einer optischen Achse oder senkrecht zu der ersten Mittellinie von Kristallen.

Von Nachteil bei jenen bekannten Meßeinrichtungen mit zusätzlicher Projektions-Optik ist ferner, daß durch die Verkleinerung der Interferenzfigur, nämlich für deren Gesamt-Projektion auf ein Detektor-Array, eine stärkere Mittelung über einander benachbarte Punkte auftritt. Das verschlechtert die Blickwinkel-Auflösung, da nun jeder einzelne Detektor des Array die Helligkeits- und damit die Kontrastwerte für mehrere einander benachbarte Betrachtungsrichtungen zusammenfaßt, bis die nächstfolgenden Richtungen wieder vom nächsten Detektor im Array erfaßt und zusammengefaßt werden.

In Erkenntnis dieser verschiedenen die Möglichkeiten messtechnischen Praxis stark einschränkenden Gegebenheiten liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die gattungsgemäße Meßeinrichtung dahingehend weiterzubilden, daß sie nicht nur genauere sondern auch zusätzliche Informationen bereitzustellen erlaubt, die für eine exaktere visuelle Charakterisierung von elektrooptischen Anzeigen benötigt werden, ohne jedoch den apparativen und zeitlichen Aufwand dafür zu erhöhen.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß im wesentlichen dadurch gelöst, daß gemäß dem Kennzeichnungsteil des Hauptanspruches nun keine Projektion der konoskopisch erzeugten Interferenzfigur auf eine in zwei Di-

mensionen regelmäßige Anordnung von Detektoren (zweidimensionales Detektor-Array) mehr erfolgt; sondern daß nun stattdessen einzelne photometrische und spektro-radiometrische Detektoren in der Ebene der Interferenzfigur selbst möglichst punktförmigen Flächenelemente (entsprechend den zugeordneten Betrachtungsrichtungen) nach Intensität und/oder Spektrum analysieren. Dafür können die einzelnen Detektoren entweder körperlich direkt in der Interferenzfigur angebracht sein, wobei ihre Lage in der bildseitigen Brennebene direkt einer ganz bestimmten Betrachtungsrichtung entspricht; oder das den interessierenden Betrachtungsrichtungen entsprechende Licht wird mittels optischer Konstruktionsmittel (Lichtleitvorrichtungen) wie Lichtleitfasern, Spiegeln oder Kombinationen daraus aus der Interferenzfigur ausgekoppelt und auf die abgesetzten aber örtlich zugeordneten Detektoren geführt. Eine Steigerung der Winkelauflösung wird durch Einkoppeln der Detektoren in die Interferenzfigur über Lichtleitfasern mit sehr geringem Querschnitt (z. B. 50 µm und weniger) erzielt, auch mit Einzeldetektoren hinter Blenden und mit Kombinationen aus diesen beiden konstruktiven Maßnahmen.

Wieder bestimmt die Lage des Detektors bzw. des Anschlusses seiner konstruktiven Lichtleitvorrichtung in der Interferenzfigur die Betrachtungsrichtung relativ zur Elementarfläche der zu charakterisierenden Anzeige. Die flächige Ausdehnung des Detektors oder seines Anschlusses definiert den Raumwinkelbereich, aus dem die Strahlung im einzelnen Detektor integriert wird. Der Aperturwinkel des Detektors bzw. der entsprechenden Anschluß-Lichtleitvorrichtung in der Interferenzfigur bestimmt den Querschnitt des parallelen Elementarstrahlbündels, das in der bildseitigen Brennebene der Transformationsoptik interferiert.

Bei der vorliegenden, erfindungsgemäßen Lösung für eine Meßeinrichtung eingangs erläuterten Gattung wird durch Fortfall der Projektionsoptik der Aufwand an optischen Bauteilen reduziert und eine Reduktion von störenden Einflüssen erreicht, wie sie von jedem realen Linsensystem verursacht werden (wie z. B. Verzerrungen, Bildfeldkrümmungen, Streuungen, u. dgl.). Auch kann eine erfindungsgemäße Meßeinrichtung infolge Verzichtes auf die Projektionsoptik kleiner aufgebaut werden; und der Ersatz von zweidimensionalen Array-Detektoren durch schnellere einkanalige radiometrische, spektro-radiometrische oder photometrische Detektoren eröffnet erstmals die Möglichkeit, auch alle dynamischen Vorgänge in der zu vermessenden Anzeige exakt zu erfassen. Wegen der geringen Anzahl an Einzeldetektoren läßt sich das gesamte Meßsystem leicht spektral kalibrieren und somit auch eine unproblematische Korrektur von eventuell vorhandenen systembedingten Nichtidealitäten erzielen, womit endlich eine genaue Messung auch der farbmetrischen Charakteristiken des Meßobjektes erreichbar ist.

Die Anzahl der Punkte, an denen mittels der individuellen Detektoren (oder deren Lichtleitvorrichtungen) die konoskopische Interferenzfigur direkt in der bildseitigen Brennebene der Transformationsoptik vermessen wird, kann also von mehreren tausend (wie im Falle des Array einer CCD-Kamera) auf eine vernünftige Anzahl reduziert werden. In der Praxis genügen durchaus schon größenordnungsmäßig etwa zehn solcher Punkte für eine hinreichend winkelauflösende Aussage über die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften der zu vermessenden Anzeige von der Beobachtungsrichtung.

Die Anzahl solcher "Auswertungspunkte" kann über

einen geometrisch weiten Bereich den jeweiligen aktuellen meßtechnischen Erfordernissen angepaßt werden. Für die diskreten, ausgewählten Punkte (also Betrachtungsrichtungen auf die Anzeige) wird durch die punktuelle Detektorzuordnung jedenfalls bereits eine im Vergleich zu den bisherigen Array-Methoden stark erhöhte Meßgenauigkeit für die tatsächlich interessierenden Betrachtungsrichtungen erreicht. Das gilt insbesondere für die Bestimmung von farbmetrischen Eigenschaften der Anzeige, weil nur noch ausgesuchte, definierte Betrachtungsrichtungen erfaßt werden.

Schließlich eröffnet die Erfindung auch die Möglichkeit, mittels gespaltener, konzentrischer oder unmittelbar beieinander in der Interferenzebene angebrachter Lichtleiter für diese eine, ganz bestimmte Betrachtungsrichtung gleichzeitig mehrere Detektoren unterschiedlicher Art anzuschließen. Das erbringt eine simultane Analyse auf unterschiedliche Qualitäten wie Leuchtdichte und daraus abgeleitetem Kontrast gleichzeitig neben spektraler Messung der farbmetrischen Eigenschaften bei parallel erfolgender Bestimmung auch der dynamischen Eigenschaften.

Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen und aus nachstehender Beschreibung der Zeichnung. In dieser zeigt

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der Meßeinrichtung nach der Erfindung axial-längsgeschnitten im Prinzipaufbau unter Berücksichtigung mehrerer Realisierungsmöglichkeiten für Detektoranschlüsse und

Fig. 2 gegenüber Fig. 1 weiter detailliertere Möglichkeiten für das Einkoppeln der Detektoren in die Interferenzfigur.

Die in der Zeichnung unter Beschränkung auf das Prinzipielle funktionell skizzierte Meßeinrichtung 10 nach vorliegender Erfindung weist als einzige Optik eine konvergente Transformationsoptik 11 auf. Diese ist mit ihrer optischen Achse 15 orthogonal zum Meßobjekt in Form einer ebenen Anzeigefläche 13 in der objektseitigen Brennebene 12 der Optik 11 ausgerichtet, welche somit ein durch die parallelen Elementarstrahlbündel 14 definiertes Flächenelement der Anzeige 13 erfaßt. Die von diesem Flächenelemente in unterschiedliche Richtungen bzw. Neigungswinkel zur optischen Achse 15 ausgehenden konischen Bündel paralleler Elementarstrahlen 14 interferieren in direkt zugeordneten Punkten der bildseitigen Brennebene 16 und bilden so die eingangs erwähnte konoskopische Interferenzfigur 17. Diese wird auch als die Fouriertransformation des Flächenelementes bezeichnet, wie in der einleitend zitierten Dissertation näher dargestellt, worauf hier Bezug genommen wird.

Das vom Flächenelement auf der Anzeige 13 ausgehende konische Bündel von parallelen Elementarstrahlen 14 kann durch Reflexion, durch Transmission oder durch Emission von Licht an der Anzeige 13 entstehen. Diese Elementarstrahlbündel 14 repräsentieren die vom Auge eines menschlichen Betrachters wahrgenommenen visuellen Reize beim Betrachten des Flächenelementes der Anzeige 13 aus unterschiedlichen Richtungen.

Detektoren 18 werden in die bildseitige Brennebene 16 und damit direkt in die Interferenzfigur 17 eingekoppelt — entweder unmittelbar oder mittelbar etwa über Lichtleitvorrichtungen wie Spiegel 19 und/oder Lichtleiter 20 zur konstruktiven Strahlführung (im Gegensatz zur vorbekannten Projektion mittels Linsen oder Linsensystemen).

Die Flächenelemente, die durch die direkte Anordnung der Detektoren 18 bzw. durch deren Einkopplungen mittels der Lichtleiteinrichtungen definiert sind, müssen die Fläche der Interferenzfigur 17 nicht vollständig überdecken; je nach der Meßaufgabe und nach dem Meßobjekt (Anzeige 13) kann die Anzahl und die Lage der Anschluß- oder Meßpunkte in der Interferenzfigur 17 den jeweiligen Erfordernissen angepaßt werden. So wird man insbesondere die anwendungstechnisch kritischen Betrachtungsrichtungen einer Anzeige 13, also deren Flächenelement-Entsprechungen in der Interferenzfigur 17, mit einer erhöhten Dichte an Detektoren 18 bzw. Einkopplungen bestücken.

Für die Messung von strahlphysikalischen Intensitäten an verschiedenen Orten in der Interferenzfigur 17 (und für die Berechnung von entsprechenden Kontrastwerten aus den so für verschiedene elektrische Ansteuerzustände gemessenen Intensitäten) sowie für die Messung von dynamischen Effekten wie Schaltzeiten, Flicker u. dgl. handelt es sich bei den Detektoren 18 um kleinbauende, empfindliche und schnelle photoelektrische Sensoren. Deren kleine lichtempfindliche Eintrittsfläche, die gegebenenfalls noch durch aufgebrachte Blenden verringert wird, verhindert, daß über einen zu großen Bereich in der Umgebung des gewünschten Meßpunktes integriert und damit über Meßwerte gemittelt wird, die zu sehr unterschiedlichen Richtungen der Elementarstrahlbündel 14 (und damit Betrachtungsrichtungen auf die Anzeige 13) entsprechen.

Die Ausgangssignale mehrerer Detektoren 18 werden einer elektronischen Speicher- oder Auswerteschaltung 21 zugeführt, in der, wie oben erläutert, z. B. die Blickrichtungsabhängigkeit von Kontrast (z. B. das Leuchtdichte-Kontrastverhältnis) berechnet wird, um dann in zweckentsprechender Form z. B. durch Isokontrastlinien dargestellt werden zu können. Solche Meßergebnisse können auch zur Güteklassifikation der Anzeige 13 dokumentiert oder beliebig weiterverarbeitet werden.

In der Interferenzfigur 17 einander unmittelbar benachbarte Meßpunkte können an unterschiedliche Detektoren 18, 18' und an unterschiedliche Auswerteschaltungen 21, 21' für unterschiedliche Meßaufgaben angeschlossen sein. Wenn aber an das jeweilige Flächenelement eines Meßpunktes in der Interferenzfigur 17 gleichzeitig unterschiedliche Detektoren 18, 18' und Auswerteschaltungen 21, 21' angeschlossen werden sollen, etwa auch für eine spektrographische Analyse zusätzlich zur Kontrastermittlung, dann wird das betreffende Flächenelement in der Interferenzfigur 17 zweckmäßigerweise durch einen gespaltenen Lichtleiter 20 realisiert, von dem ein Zweig 20' jener weiteren Auswertung 21' zugeordnet ist. So kann ein ganzes Bündel von abgespaltenen Lichtleitern 20' die Interferenzfigur 17 an einen gesondert aufgebauten (z. B. abbildenden) Simultan-Spektrographen anschließen, ohne daß dadurch die exakt zeitgleich stattfindende Ermittlung von Intensitäts- und Kontrastwerten für die exakt gleiche Betrachtungsrichtung beeinträchtigt würde.

Wenn der Aperturwinkel (Öffnungswinkel) des Detektors 18 oder des Lichtleiters 20 zu groß sein sollte, kann jeweils eine Apertur-Blende 23 vorgesehen sein und damit der Aperturwinkel an die Erfordernisse hinsichtlich der Flächenelement-Größe angepaßt werden. Die Funktion von Blenden 23 kann auch durch Bohrungen in einer massiven, für Licht undurchlässigen Platte 24 vor einer Montagefläche 22 für die Detektoren 18, 18' oder deren Lichtleiter 20 realisiert sein, wobei dann

die axiale Länge einer Bohrung und deren Durchmesser den wirksamen Aperturwinkel bestimmen. Das gilt entsprechend auch für die Lichtführung mittels eines möglichst dicht bei der Interferenzebene 16 angebrachten Spiegels 19, der größere konstruktive Freiheiten beim direkten oder indirekten Anschluß der Detektoren 18, 18' erlaubt.

#### Patentansprüche

1. Meßeinrichtung (10) zum Erfassen optischer Eigenschaften einer elektro-optischen Anzeige (13), wie insbesondere einer Flüssigkristallanzeige, die in einem Flächenelement von einem konischen Bündel paralleler Elementarstrahlen durchstrahlt wird, aus deren konoskopisch generierter Interferenzfigur (17) mittels opto-elektronischer Detektoren (18) betrachtungsrichtungsabhängige Kontrastwerte gewinnbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß in der Interferenzfigur (17) selbst, also ohne optische Projektionsmittel, unmittelbar oder über konstruktive Lichtleiteinrichtungen (Spiegel 19, Lichtleiter 20) ausgesuchte Flächenelemente mit Detektoren (18, 18') bestückt sind.
2. Meßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß außer spektral integrierenden Detektoren (18) auch Detektoren (18') zur spektralen Analyse vorgesehen sind.
3. Meßeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß von den Flächenelementen in der Interferenzfigur (17) gespaltene Lichtleiter (20, 20') zu unterschiedlichen Detektoren (18, 18') führen.
4. Meßeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vor einer Montagefläche (22) zur Halterung der den Flächenelementen zugeordneten Detektoren (18, 18') und/oder ihrer Lichtleiteinrichtungen (19, 20) eine lichtundurchlässige Platte (24) zur Anpassung von Detektor- und Lichtleiter-Eintrittsaperturwinkeln an unterschiedliche meßtechnische Anforderungen durch Ausbildung von Blenden (23) und/oder zur Halterung von Umlenk-Spiegeln (19) vorgesehen ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

